Flomsonekartprosjektet

Flomberegning for Vigga

Erik Holmqvist

11
2004

DOKUMENT

Flomberegning for Vigga (012.EBZ)

Norges vassdrags- og energidirektorat

2004

Dokument nr 11 - 2004

Flomberegning for Vigga (012.EBZ)

Utgitt av:	Norges vassdrags- og energidirektorat
Forfatter:	Erik Holmqvist

Trykk:	NVEs hustrykkeri
Opplag:	30
Forsidefoto:	Vigga ved Brandbu under flommen høsten 2000.
ISSN:	1501-2840

Sammendrag: I forbindelse med Flomsonekartprosjektet i NVE er det som grunnlag for vannlinjeberegning og flomsonekartlegging utført flomberegning for et delprosjekt i Vigga øst for Randsfjorden i Oppland. Flomvannføringer med forskjellige gjentaksintervall er beregnet for Vigga ved Gran og Brandbu.

Emneord: Flomberegning, flomvannføring, Vigga.

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

Oktober 2004

Innhold

Forord 4

Sammendrag 5

1. Beskrivelse av oppgaven 6

2. Beskrivelse av vassdraget 6

3. Hydrometriske stasjoner 9

4. Flomdata 10

5. Beregning av flomverdier 13

6. Usikkerhet 16

Referanser 17

Vedlegg. Internt notat om 200-års flom i Vigga 18

Forord

Flomsonekart er et viktig hjelpemiddel for arealdisponering langs vassdrag og for beredskapsplanlegging. NVE arbeider med å lage flomsonekart for flomutsatte elvestrekninger i Norge. Som et ledd i utarbeidelse av slike kart må flomvannføringer beregnes. Grunnlaget for flomberegninger er NVEs omfattende database over observerte vannstander og vannføringer, og NVEs hydrologiske analyseprogrammer, for eksempel det som benyttes for flomfrekvensanalyser.

Denne rapporten gir resultatene av en flomberegning som er utført i forbindelse med flomsonekartlegging av Vigga i Oppland. Rapporten er utarbeidet av Erik Holmqvist og kvalitetskontrollert av Lars-Evan Pettersson.

Oslo, oktober 2004

Kjell Repp
avdelingsdirektør

Sverre Husebye
seksjonssjef

Sammendrag

Flomberegningen for Vigga gjelder delprosjekt fs 012_9 Brandbu – Gran i NVEs Flomsonekartprosjekt. Kulminasjonsvannføringer med forskjellige gjentaksintervall er beregnet for Vigga ved Gran, utløp av Jarenvatnet, Brandbu og ved utløp i Randsfjorden. Resultatet av beregningen, i m^3/s, ble:

Flomverdier for Vigga, kulminasjonsvannføring i m^3/s.

	Areal (km²)	Q_M	Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}
Vigga ved Gran	83	21	27	33	39	45	49	55	62
Utløp av Jarenvatnet	105	11	15	18	21	25	27	30	34
Vigga ved Brandbu	180	29	38	46	55	63	69	78	86
Vigga ved utløp i Randsfjorden	181	29	39	46	55	64	70	78	87

For Vigga ved Gran, som ligger oppstrøms for Jarenvatnet, er det antatt et forholdstall på 1,5 mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring. Ved utløpet av Jarenvatnet er tilsvarende forholdstall antatt å være 1,1 og ved Brandbu i underkant av 1,3.

En har 60 år med observasjoner fra vassdraget fra målestasjonene 12.72 Jaren/ 12.286 Jaren ndf. som lå i utløpet/ nedstrøms Jarenvatnet. Jarenvatnet virker imidlertid sterkt flomdempende, slik at observasjonene her er ikke uten videre representative for forholdene i Vigga verken ved Gran eller Brandbu. Det er også 11 år med observasjoner fra målestasjonen 12.297 Hvalskvern, som ligger i Vigga noen kilometer oppstrøms Gran. Flomobservasjonene ved denne stasjonen er imidlertid svært usikre.

På grunn av usikkerhet i datagrunnlaget klassifiseres derfor denne beregningen i klasse 2, i en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse.

1. Beskrivelse av oppgaven

Flomsonekart skal konstrueres for Vigga i Oppland, delprosjekt fs 012_9 Brandbu-Gran i NVEs Flomsonekartprosjekt. Som grunnlag for flomsonekart-konstruksjonen skal midlere flom og flommer med gjentaksintervall 5, 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år beregnes for Vigga i Gran og Brandbu.

Alle feltarealer er beregnet av Seksjon for Geoinformasjon (VG) eller ved bruk av NVEs digitale kartdatabase, KARTULF. Feltarealene for de hydrometriske stasjonene kan avvike noe fra det som er oppgitt i NVEs hydrologiske database.

2. Beskrivelse av vassdraget

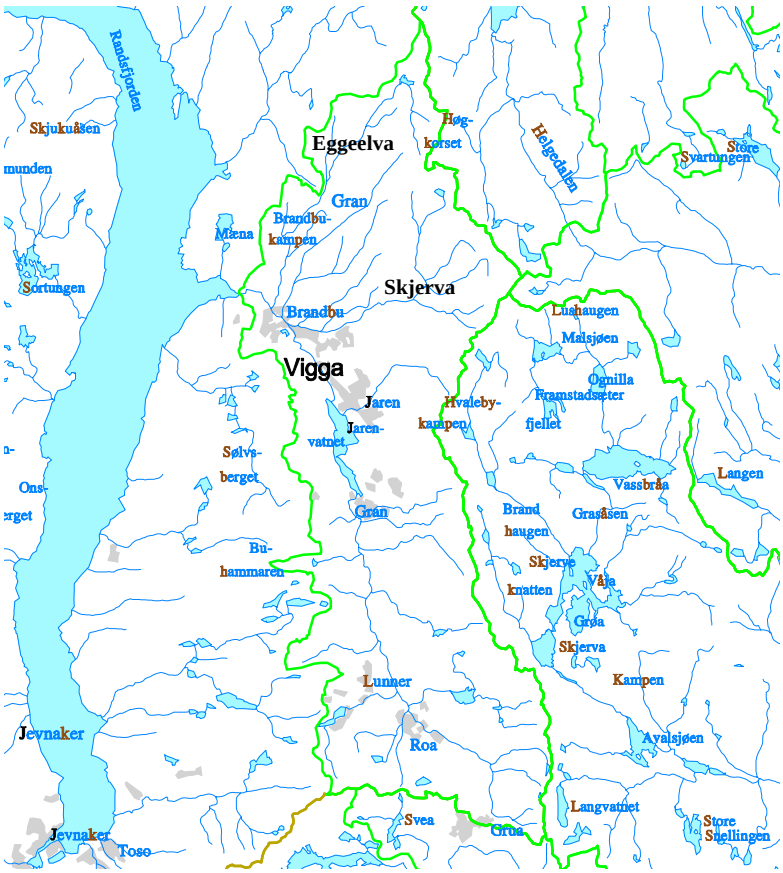
Vigga ligger i Gran og Lunner kommuner i Oppland (figur 1). Vigga renner nordvestover fra skogsområdene sør for Roa. Ved tettstedet Gran renner elven ut i Jarenvatnet. Innsjøen virker flomdempende i nedre del av vassdraget. På strekningen ned mot Brandbu får Vigga tilløp fra blant annet Skjerva og Eggeelva. Vigga renner ut i Randsfjorden ved Røykenvik.

Nedbørfeltet er dominert av skog og jordbruksarealer (figur 2). Høyeste punkt er Hvalebykampen (771 m o.h.) øst for Jarenvatnet. Den karakteristiske Brandbukampen (522 m o.h.) ligger rett nordøst for utløpet. I nord er nedbørfeltet avgrenset av øvre deler av Hunnselva som renner ut i Mjøsa, mens de øvre delene av Leira og Nitelva, som begge renner ut i Øyeren, er nabovassdrag i sør og øst.

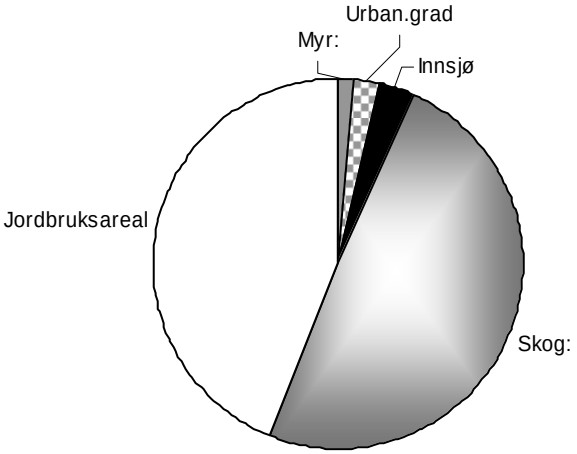
Midlere vannføring i Vigga ved utløp i Randsfjorden er 2,7 m^3/s (14,9 $l/s\ km^2$) i henhold til avrenningskart for Norge for perioden 1961-90. Midlere spesifikk årsavrenning varierer fra 8-10 $l/s\ km^2$ i de nedre områdene til 20-25 $l/s\ km^2$ i de høyereliggende åsene. I tabell 1 er feltarealer og midlere årsavløp for ulike punkter i vassdraget gitt. I tidligere notat (vedlegg 1) om flomforholdene i Vigga, ble ikke Eggeelva (21,6 km^2) regnet med i feltarealet for Vigga ved Brandbu; dette er nå endret.

Tabell 1.
Vigga, midlere årsavløp 1961-90 og feltarealer.

Sted i vassdraget	Areal (km^2)	Midlere årsavløp ($l/s\ km^2$)	Midlere årsavløp (m^3/s)
Vigga v. Gran	83	14,8	1,2
Utløp av Jarenvatnet	105	14,5	1,5
Vigga ved Brandbu	180	14,9	2,7
Vigga ved utløp i Randsfjorden	181	14,9	2,7

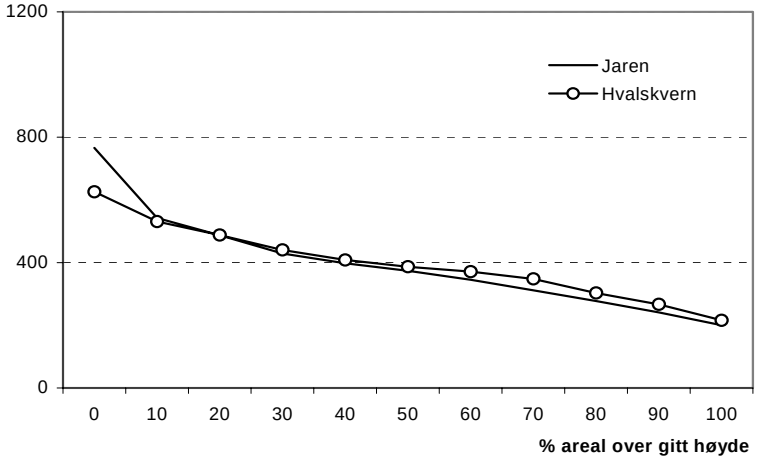


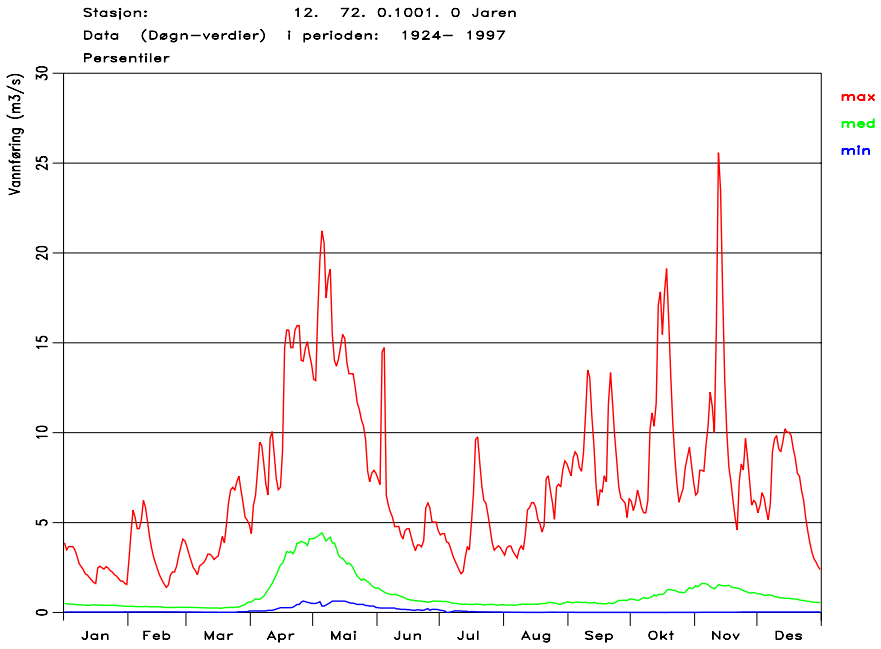
Figur 1.
Oversiktskart, Vigga.



Figur 2
Relativ fordeling av ulike arealtyper i nedbørfeltet til Jarenvatnet, Vigga.

Figur 3.
Hypsografisk kurve for målestasjonene 12.197 Hvalskvern og 12.72 Jaren. Kurven viser hvor stor prosent av feltarealet som ligger over en gitt høyde.

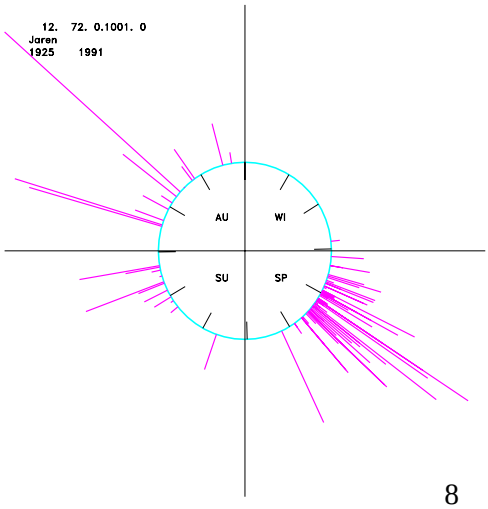




Figur 4.
Karakteristiske vannføringer ved 12.72 Jaren for perioden 1925-91. For årene 1939-41, 1982-83 og etter 1991 er det ikke komplette observasjoner.

De hydrologiske forholdene i Vigga er illustrert i figur 4 og 5. Figur 4 viser karakteristiske vannføringsverdier for hver dag i løpet av året i Vigga ved utløp av Jarenvatnet. Øverste kurve (max) i figuren viser største observerte vannføring og nederste kurve (min) viser minste observerte vannføring. Den midterste kurven (med) er mediankurven, dvs. det er like mange observasjoner i løpet av referanseperioden som er større og mindre enn denne. I figur 5 er relativ størrelse og tidspunkt for flommene ved målestasjonen Jaren vist.

Figurene viser at flommene i hovedsak inntreffer i forbindelse med snøsmelting om våren (april- mai) eller om høsten (september-november). Vårflommene er mest årvisse, men flere av de største flomhendelsene er høstflommer.



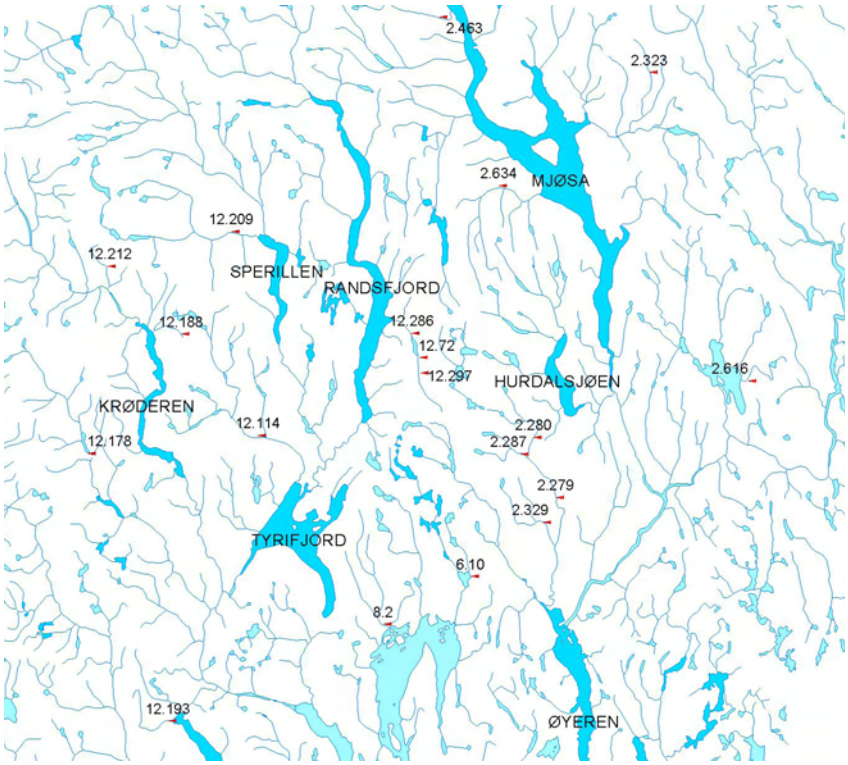
Figur 5.
Flommer ved 12.72 Jaren større enn 6,9 m³/s for perioden 1925 – 1991. Sirkelen representerer året med starten (1. januar) rett opp. Flommene er markert når på året de fant sted og med relativ størrelse.

3. Hydrometriske stasjoner

Det har vært flere målestasjoner i Vigga. Den første ble etablert i Jarenvatnet høsten 1924. Stasjonen 12.72 Jaren var i drift frem til 1952, men ble da flyttet til 2 km nedenfor utløpet av innsjøen (12.286 Jaren ndf.). I 1991 ble det bygget en dam i utløpet av Jarenvatnet for å sikre vann til jorbruksformål, dette året ble målestasjonen nedlagt. Observasjonene er ikke komplette for årene 1939-41 og 1983. Disse årene er derfor utelatt i de videre analysene. Observerte flomverdier ved Jaren og Jaren ndf. antas å ha rimelig god kvalitet (ref. Per Lofsberg, NVE-HH). Nedbørfeltet til 12.72 Jaren er 105 km² og til 12.286 Jaren ndf. 114 km².

Lenger opp i vassdraget ble målestasjonen 12.297 Hvalskvern satt i drift i 1992. Den ble opprinnelig opprettet i forbindelse med forurensningsproblematikk i Vigga. En var da mest interessert i lavvannføringer, og det har følgelig vært lite kontroll av vannføringskurven ved stasjonen under flom (ref. Per Lofsberg, NVE-HH). 12. oktober 2002 ble det imidlertid gjennomført en flommåling ved Hvalskvern (ref. Leiv Gunnar Ruud, NVE-HH). Målingen ga 17 m³/s, mens gjeldende vannføringskurve ga snaut 10 m³/s. Ved stor vannføring oppstår et kraftig fall i elva forbi stasjonen, slik at korrekt vannstand er vanskelig å fastslå. Flomverdiene ved Hvalskvern antas derfor å være svært usikre, og det er grunn til å tro at også tidligere flommer kan være underestimert.

Som støtte for flomberegningene for Vigga er det gjennomført analyser også fra en rekke andre stasjoner. Plasseringen av disse er vist i figur 6.



Figur 6. Geografisk plassering av stasjoner benyttet i analysen.

4. Flomdata

De største flommene i Vigga har funnet sted om våren og høsten. Fra den 60 år lange serien fra Jaren/ Jaren ndf er flommen 12. november 1961 den største. I tabell 2 er de ti største flommene (døgnmidler) presentert.

Tabell 2.
De ti største flommene (døgnmidler) ved Jaren 1925-91. Flommene merket med * er registrert i Jarenvatnet (105 km²), de øvrige ved Jaren ndf. (114 km²).

Dato	m³/s	l/s km²
12. nov. 1961	26	224
5. mai 1966	21	186
6. mai 1931	21*	196*
18. okt. 1987	19	168
9. mai 1977	19	168
16. okt. 1964	18	156
6. mai 1986	18	154
5. mai 1951	17*	161*
23. april 1937	16*	152*
15. mai 1967	15	134

Det har også etter 1991 vært store flommer i vassdraget, med flommen 12. oktober 2000 som den hittil største. Da var imidlertid målestasjonen Jaren ndf. nedlagt og Hvalskvern var ute av drift. For Hvalskvern er det på NVEs database manuelt kompletterte data for høsten 2000. De gir en beregnet døgnmiddelvannføring på 24 m³/s den 12. oktober. Det er sannsynligvis alt for høyt. Leiv Gunnar Ruud (NVE-HH) var ved Hvalskvern denne dagen og foretok vannføringsmåling nær kulminasjons-tidspunktet for flommen. Vannføringen ble målt til 17,4 m³/s tilsvarende 274 l/s km², døgnmidlet var sannsynligvis noe lavere.

For øvrig er det flommen 1. mai 1991 som er den størst registrerte ved Hvalskvern med 12 m³/s (194 l/s km²). Men flomobservasjonene ved Hvalskvern er som nevnt tidligere svært usikre.

Tabell 3.
Flomfrekvensanalyser for aktuelle målestasjoner, døgnmiddel av årsflommer.

	Periode	Antall år	Areal km^2	Q_M m^3/s	Q_M $l/s \cdot km^2$	Q_5/Q_M	Q_{10}/Q_M	Q_{20}/Q_M	Q_{50}/Q_M	Q_{100}/Q_M	Q_{200}/Q_M	Q_{500}/Q_M	For-deling
2.279 Kråkfoss	1966-03	38	433	64,5	150	1,2	1,4	1,7	2,1	2,5	2,9	3,5	GEV
2.280 Kringlerdal	1966-03	38	265	41,3	156	1,2	1,4	1,5	1,8	1,9	2,1	2,3	GEV
2.287 Rotua	1967-02	36	56,1	9,53	170	1,3	1,6	1,9	2,3	2,6	2,9	3,3	GEV
2.323 Fura	1971-02	32	45,2	13,1	290	1,2	1,5	1,7	2,0	2,3	2,5	2,9	GEV
2.329 Hellen bru	1971-01	31	81,3	14,4	177	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	GAM
2.463 Vismunda	1986-03	17	191	48,0	251	1,4	1,8	2,3	2,9	-	-	-	LN2
2.616 Sagstua	1977-03	25	47,5	5,8	122	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	EV1
2.634 Lena	1992-02	12	181	29,9	165	1,4	1,7	2,0	2,4	-	-	-	LN2
6.10 Gryta	1968-02	35	6,96	1,43	205	1,3	1,6	1,8	2,1	2,3	2,6	2,9	EV1
8.2 Bjørnegårdsv.	1969-02	34	190	42,1	222	1,2	1,5	1,7	2,0	2,2	2,5	2,8	GEV
12.114 Garh.foss	1937-84	42	490	94,1	192	1,3	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4	2,7	LN2
12.178 Eggedal	1972-03	32	309	70,4	228	1,3	1,5	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7	GEV
12.188 Langtjernb.	1974-03	30	4,81	0,93	193	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	LN2
12.193 Fiskum	1977-02	26	51,9	9,7	187	1,3	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4	2,6	EV1
12.209 Urula	1984-02	18	545	117,4	215	1,4	1,8	2,1	2,6	-	-	-	EV1
12.212 Hangstjern	1987-03	17	11,6	2,36	203	1,3	1,5	1,7	1,9	-	-	-	EV1
12.297 Hvalskvern	1992-02	11	63,5	8,3	131	1,3	1,6	1,8	2,2	-	-	-	LN2
12.72 Jaren	1925-52	25	105	10,6	100	-	-	-	-	-	-	-	
12.286 Jaren ndf.	1953-91	35	114	10,8	94	-	-	-	-	-	-	-	
Jaren + Jaren ndf.	1925-91	60	~110	10,7	97	1,33	1,6	1,9	2,2	2,4	2,7	3,0	EV1
Regionale kurver													
H3-1997	-	-	-	-	-	1,33	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,2	
V4-1997	-	-	-	-	-	1,31	1,6	1,8	2,1	2,3	2,6	2,9	

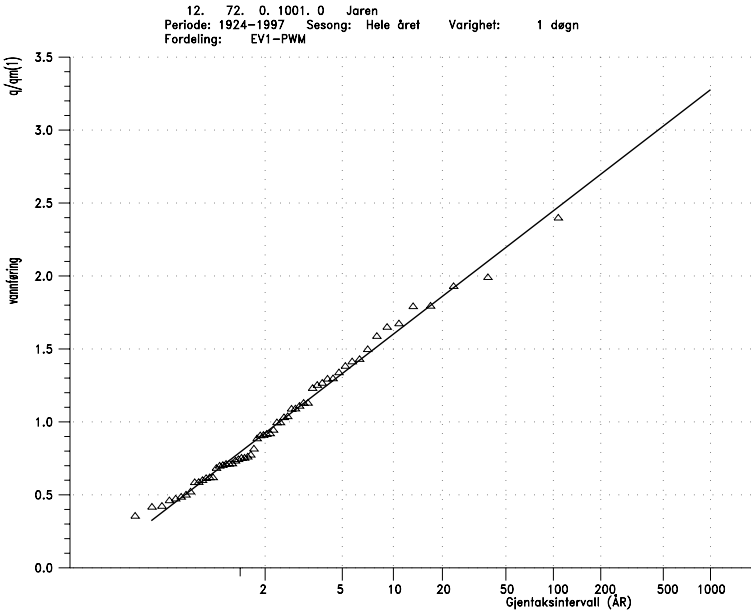
Det er utført flomfrekvensanalyser på årsflommer ved en rekke målestasjoner for å finne midlere flom, Q_M, og frekvensfaktorene Q_T/Q_M for Vigga. Resultatet er sammenfattet i tabell 3. Enkelte frekvensfaktorer og flomstørrelser avviker noe fra tilsvarende verdier beregnet i forbindelse med tidligere flomberegninger for flom-sonekartprosjektet og i forhold til notat datert 3.10.2003 vedrørende flomforholdene i Vigga (se vedlegg). Det skyldes først og fremst at det nå er noen flere tilgjengelige observasjoner. I tillegg er det benyttet nyberegnede feltarealer for målestasjonene, disse kan avvik noe fra de som tidligere er gitt i NVEs arkiver.

For Jaren og Jaren ndf. er midlere flom beregnet til henholdsvis 100 og 94 l/s km². Forskjellen mellom verdiene er liten både sett i forhold til at middelet er beregnet for to ulike årrekker og den generelle usikkerhet en har i flomverdier. For Vigga ved utløp av Jarenvatnet benyttes 97 l/s km² som midlere flom. Det kan synes lavt sammenlignet med observasjoner i andre vassdrag, men Jarenvatnet, som har et sjørareal på 1,4 km², virker flomdempende.

Dataene fra Hvalskvern gir en midlere flom på ca. 130 l/s km², men disse observasjonene er svært usikre og flomverdiene ved Hvalskvern er sannsynligvis underestimert (jmf kommentarer ovenfor).

For de øvrige analyserte stasjonene varierer midlere flom fra 120 til 290 l/s km². Variasjonen er stor, men for målestasjonene i nedbørfeltene nærmest Vigga (Hellen bru, Kråkfoss, Kringlerdal, Rotua og Lena) varierer midlere flom fra omkring 150 til 180 l/s km². Midlere flom i Vigga ved Gran er ut fra dette satt til 165 l/s km².

Jarenvatnet virker både flomdempende og flomforsinkende. Det betyr at tilløpet fra sideelvene nedstrøms Jarenvatnet vanligvis kulminerer noen timer tidligere enn avløpet fra Jarenvatnet. Den forsinkende virkningen er det ikke tatt hensyn til så lenge det regnes på døgndata. Også for disse antas en midlere flom på 165 l/s km².



Figur 7.
Flomfrekvensanalyse Q_T/Q_M for 12.72 Jaren, døgnmiddel av årsflommer.

Av de analyserte seriene er det observasjonsrekken ved Jaren/ Jaren ndf som er den lengste med 60 år med data. I figur 7 er frekvensanalysen for denne sammensatte serien vist. En ser av tabell 2 at forholdstallene Q_T/Q_M for Jaren/ Jaren ndf. ligger innenfor variasjonsbredden for de øvrige analyserte stasjonene i nærheten. Faktorene harmonerer og godt med de regionale flomfrekvenskurvene for henholdsvis vår- og høstflommer. Resultatene fra Jaren/ Jaren ndf. vurderes derfor som rimelige, og benyttes i det følgende for fastsettelse av flomstørrelser i Vigga.

5. Beregning av flomverdier

Flomverdier er beregnet for Vigga ved Gran, utløp av Jarenvatnet, Brandbu og ved utløp i Randsfjorden. Nedenfor Brandbu er det kun et mindre areal som tilkommer, slik at flomverdiene her er tilnærmet like verdiene ved Brandbu. Med forutsetninger som gitt i kapittel 4 får en da følgende flomvannføringer (tabell 4 og 5).

Tabell 4.
Vigga, midlere flom (døgnmidler).

Sted i vassdraget	Areal (km^2)	Midlere flom ($l/s\ km^2$)	Midlere flom (m^3/s)
Vigga ved Gran	83	165	13,7
Utløp av Jarenvatnet	105	97	10,2
Vigga ved Brandbu	180	125	22,6
Vigga ved utløp i Randsfjorden	181	126	22,7

Tabell 5.
Flomverdier for Vigga, døgnmiddelvannføring i m^3/s.

	Areal, km^2	Q_M	Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}
Vigga v. Gran/ utløp i Jarenvatnet	83	14	18	22	26	30	33	37	41
Utløp av Jarenvatnet	105	10	14	16	19	22	24	27	31
Vigga ved Brandbu	180	23	30	36	43	50	54	61	68
Vigga ved utløp i Randsfjorden	181	23	30	36	43	50	55	61	68

Kulminasjonsvannføringen kan være atskillig større enn døgnmiddelvannføringen. Forholdstall mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring er vurdert ut fra empiriske formler, observasjoner fra enkelte historiske flommer og ved routing av flommer gjennom Jarenvatnet.

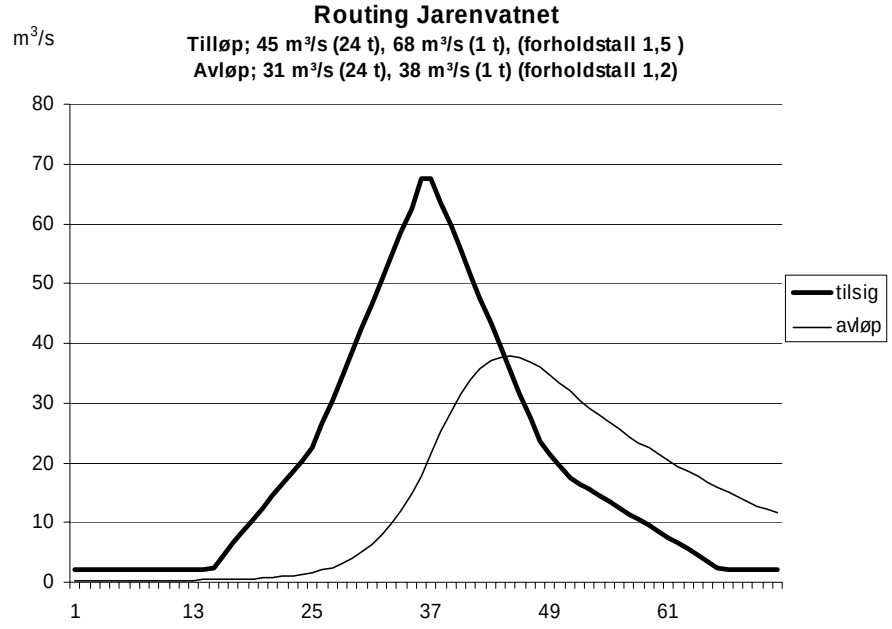
I Sælthun 1997 er det gitt formler for beregning av forholdstall mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring basert på feltparametrene effektiv sjøprosent og nedbørfeltets areal. For Vigga ved Gran, som har et nedbørfelt på 83 km^2 og en effektiv sjøprosent på 0,4 %, gir formlene forholdstall på ca. 1,6 og 1,3 for henholdsvis høst- og vårflommer. For målestasjonen 12.72 Jaren (105 km^2, effektiv sjøprosent 1,1 %) gir formlene forholdstall på ca. 1,4 og 1,2.

Fra målestasjonene 12.286 Jaren ndf. og 12.72 Jaren er også arkivmateriale gjennomgått for å vurdere forholdet mellom døgnmiddel- og kulminasjonsvannføring. Under vårflommen i 1931, som er den 3. største (tabell 1) som er registrert ved Jaren,

noterte observatøren tidspunkt og nivå for høyeste vannstand i tillegg til den daglige avlesningen. Kulminasjonen var da 1 cm eller 0,3 m³/s høyere enn registrert døgn-verdi. Forskjellen i vannføring var kun 1-2 %. Om registrert døgnverdi tilsvarer det reelle døgnmidlet er imidlertid usikkert.

Under høstflommen i 1987 var det en limnigraf i drift ved 12.286 Jaren ndf. Beregnet døgnmiddel for denne flommen er 19,1 m³/s, mens limnigrammet viser at flommen kulminerte på 19,7 m³/s, det vil si kun 3 % større enn døgnmidlet.

For å vurdere Jarenvatnets flomdempende og flomforsinkende virkning er det og foretatt routing av to tilløpsflommer gjennom vannet. Det er benyttet tilløpsflommer med døgnmidler omkring 5-års og 500-års flom og med en kulminasjon som er 50 % høyere enn døgnmidlet (figur 8). Ved routingen er det benyttet en tidsoppløsning på 1 time. Avløpet er beregnet med vannføringskurven for Jarenvatnet som var gyldig frem til 1952, det vil si mens målestasjonen lå i innsjøen. Det ga maksimale avløp som var 1,1 – 1,2 ganger større enn høyeste 24 timers verdi. Om flomdempningen er blitt endret som følge av at det er bygget en dam i utløpet av vannet er usikkert, men observasjonene fra høstflommen i 1987 viser at det fortsatt er en betydelig dempning i innsjøen.



Figur 8.
Eksempel på routing av en flom med gjentaksintervall på ca. 500 år gjennom Jarenvatnet.

Det er flere faktorer som tyder på at forholdstall for utløp av Jarenvatnet, basert på formelverket, gir for høye verdier. Et forholdstall på 1,1 ansees som sannsynlig og benyttes i videre beregninger.

For Vigga oppstrøms Jarenvatnet og for de øvrige sidebekkene nedstrøms Jarenvatnet benyttes imidlertid forholdstallet 1,5. Routingen av flommer gjennom Jarenvatnet, sannsynliggjør også at dette kan være en rimelig verdi for disse delene av vassdraget.

Selv om det er rimelig å anta at det er samme værsituasjon som gir flom i alle grener av vassdraget, er det urimelig å anta at flommen kulminerer samtidig alle steder (Pettersson 2004). Routing av flere ulike flomforløp gjennom Jarenvatnet ga en tidsforsinkelse fra 6 til 30 timer mellom maksimalt tilløp og avløp. Når avrenningen fra lokalfeltene nedstrøms Jarenvatnet kulminerer, antas derfor avløpet fra Jarenvatnet å være lik døgnmidlet. Det gir følgende kulminasjonsverdier (tabell 6).

Tabell 6.
Flomverdier for Vigga, kulminasjonsvannføring i m^3/s.

	Areal, km^2	Q_M	Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}
Vigga v. Gran/ utløp i Jarenvatnet	83	21	27	33	39	45	49	55	62
Utløp av Jarenvatnet	105	11	15	18	21	25	27	30	34
Vigga ved Brandbu	180	29	38	46	55	63	69	78	86
Vigga ved utløp i Randsfjorden	181	29	39	46	55	64	70	78	87

6. Usikkerhet

Datagrunnlaget for flomberegningen i Vigga kan karakteriseres som nokså bra, med en lang dataserie fra Jaren/ Jaren ndf. fra vassdraget. Men Jarenvatnet virker flom-dempende, slik at observasjonene her ikke uten videre er representative for forholdene i Vigga verken ved Gran eller Brandbu. Observasjonene lenger opp i vassdraget, ved Hvalskvern, er svært usikre under flom.

I utløpet av Jarenvatnet ble det satt opp en dam i 1991 for å sikre vann til jordbruksformål. Det er antatt at denne dammen ikke har hatt virkning på flomvannføringene i vassdraget.

Det er også andre usikkerheter knyttet til frekvensanalyser av flomvannføringer. De observasjoner som foreligger er av vannstander. Disse omregnes ut fra en vann-føringskurve til vannføringsverdier. Vannføringskurven er basert på et antall samtidige observasjoner av vannstander og målinger av vannføring i elven. Men disse direkte målinger er ikke utført på ekstreme flommer. De største flomvannføringene er altså beregnet ut fra et ekstrapolert samband mellom vannstander og vannføringer, dvs. også ”observerte” flomvannføringer kan inneholde en stor grad av usikkerhet.

En annen faktor som fører til usikkerhet i data er at NVEs hydrologiske database er basert på døgnmiddelverdier knyttet til kalenderdøgn. Største 24-timersmiddel vil alltid være noe større enn største kalenderdøgnmiddel.

I tillegg er de eldste dataene i databasen basert på én daglig observasjon av vannstand inntil registrerende utstyr ble tatt i bruk. Disse daglige vannstandsavlesninger betraktes å representere et døgnmiddel, men kan selvfølgelig avvike i større eller mindre grad fra det virkelige døgnmidlet.

Dataene med fin tidsoppløsning er ikke kontrollerte på samme måte som døgndataene og er ikke kompletterte i tilfelle observasjonsbrudd. Det foreligger heller ikke data med fin tidsoppløsning på databasen lenger enn cirka 15 år tilbake. Det er derfor ikke mulig å utføre flomberegninger direkte på kulminasjonsvannføringer.

Å kvantifisere usikkerhet i hydrologiske data er meget vanskelig. Det er mange faktorer som spiller inn, særlig for å anslå usikkerhet i ekstreme vannføringsdata. Konklusjonen for denne beregning er at selv om en har relativt mange år med hydrologiske observasjoner fra vassdraget, er det betydelige usikkerhet knyttet til bestemmelse av flomvannføringene i Vigga. Denne beregningen er derfor klassifisert i klasse 2, i en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse.

Referanser

Astrup, M., 2000: Homogenitetstest av hydrologiske data. NVE-Rapport nr. 7-2000.

Beldring, S., Roald, L.A., Voksø, A., 2002: Avrenningskart for Norge. Årsmiddelverdier for avrenning 1961-1990. NVE-Dokument nr. 2-2002.

Pettersson L.E. 2004: Prosjekthåndbok – Flomsonekartprosjektet. 5.B: Retningslinjer for flomberegninger.

Sælthun N.R. m.fl. 1997: Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. NVE-Dokument nr. 14-1997.

Væringstad T., 2003. Flomberegning for Sandvikselva. NVE-Dokument 8-2003.

Internt notat

Til:	NVE, RØ v. Odd Arne Haarseth NVE, HV	
Fra:	v. Erik Holmqvist	Sign.:
Ansvarlig:	Sverre Husebye	Sign.:
Dato:	6.10.2003	
Saksnr.:	NVE 200107509-	
Arkiv:	312	
Kopi:	NVE, HH	

200-års flom Vigga (012.EBZ)

Viser til notat angående Vigga ved Brandbu datert 10.9.2003 og etterfølgende telefonsamtale. Også beregningav 200-års flom i Vigga ved Gran var ønskelig. I arbeidene med data fra Vigga har det vist seg at spesielt dataene fra målestasjonen 12.297 Hvalskvern er svært usikre/ gale under flom. Det har derfor vært nødvendig å revidere resultatene gitt i tidligere notat. En samlet fremstilling av beregninger og resultater er gitt nedenfor.

Det er beregnet flomverdier for følgende punkter i vassdraget:

- Vigga ved Gran/ utløp i Jarenvatnet (83 km²)
- Vigga ved Brandbu (158 km²)
- Vigga etter samløp med Eggaelva ≈ Vigga ved utløp i Randsfjorden (181 km²)

Det er også gjort en analyse av flomforholdene i vassdraget høsten 2000.

Beregningene er kvalitetskontrollert av Lars Evan Pettersson.

Område-/ stasjonsbeskrivelse

Totalt nedbørfelt for Vigga er i henhold til NVEs database 181 km². I nedbørfeltet har en data fra to målestasjoner, 12.72 Jaren og 12.297 Hvalskvern lenger opp i vassdraget. Nedbørfeltet til Jaren er 112 km² og til Hvalskvern 63,5 km².

Ved Jaren har en observasjoner fra 1925 til 1991. Fram til 1952 lå stasjonen i vannet, senere ble den flyttet til omkring 2 km nedenfor utløpet. Omkring 1991 ble det bygget en dam i utløpet av Jarenvatnet for å sikre vann til jordbruksvanning.

Observerte flomverdier ved Jaren antas å ha rimelig god kvalitet (Per Lofsberg, NVE-HH). For denne stasjonen er det også laget en tilløpsserie (Turid-Anne Drageseth, ref. brev fra NVE til Fjellanger Widerøe datert 18.9.2001 om ”Flomberegning i innløpet

til Jarenvatnet"). Tilløpsserien er avgrenset til perioden 1924-52 da målestasjonen lå i vannet. Den opprinnelige serien er korrigert for volumendringene i Jarenvatnet. Tilløpsserien beskriver da forholdene slik de ville vært uten Jarenvatnet i vassdraget. I beregningen er det benyttet sentrerte differanser for å redusere "støyen" i tilløpsserien, men dette fører imidlertid til at flomverdier over 1 døgn blir noe underestimert.

Målestasjonen Hvalskvern ble opprinnelig opprettet i forbindelse med forurensingsproblematikk i Vigga. En var da mest interessert i lavvannføringer, og følgelig har det vært lite kontroll av vannføringskurven ved stasjonen under flom (Per Lofsberg, NVE-HH). 12. oktober 2002 ble det imidlertid gjennomført en vannføringsmåling under flom ved Hvalskvern (Leif Gunnar Ruud, NVE-HH). Målingen ga ca. 17 m^3/s, mens gjeldende vannføringskurve ga snaut 10 m^3/s. Avviket er på over 70 %. Ved stor vannføring oppstår et kraftig fall i elva forbi stasjonen, slik at korrekt vannstand er vanskelig å avlese. For Hvalskvern er derfor flomobservasjonene svært usikre, og det er grunn til å tro at tidligere flommer kan være underestimert.

I tillegg var målestasjonen ute av drift høsten 2000. Dataene på NVEs database for Hvalskvern denne høsten er ikke observerte, men kompletterte med støtte i observasjoner fra andre stasjoner. Beregnet døgnmiddelvannføring ved Hvalskvern 12. oktober 2000 er 24 m^3/s, det er sannsynligvis alt for høyt (Leif Gunnar Ruud).

Midlere flom

Midlere flom i løpet av et døgn for Jaren og Jaren tilløp er beregnet ut fra observasjoner til henholdsvis 95 og 112 $l/s\ km^2$. For Hvalskvern er midlere flom beregnet til 134 $l/s\ km^2$, denne er imidlertid svært usikker. Sannsynligvis gir både Hvalskvern og tilløpsserien til Jaren for lav spesifikk middelflom for Vigga oppstrøms Jarenvatnet (se kommentarer ovenfor).

For en rekke nabostasjoner varierer midlere flom fra omkring 120 til 330 $l/s\ km^2$. Variasjonen er stor, men for målestasjonene Lena, Rotua, Kringlerdal og Kråkfoss, som ligger nærmest Vigga, varierer midlere flom fra ca. 155 til 175 $l/s\ km^2$. En midlere flom i Vigga oppstrøms Jarenvatnet på 165 $l/s\ km^2$ ansees derfor som sannsynlig. Tilløpet til Jarenvatnet kommer fra både Vigga (83 km^2) og noen mindre bekker (25 km^2), det er antatt samme spesifikke flom og samtidig kulminasjon i disse bekkene som i Vigga.

Midlere flom for Vigga ved utløp av Jarenvatnet er 95 $l/s\ km^2$. Dette kan synes lavt sammenlignet med observasjoner i andre vassdrag i nærheten. Men av betydning her er det 1,4 km^2 store Jarenvatnet som har en flomdempende effekt i vassdraget.

Midlere spesifikk flom for stasjoner i "nærheten" av Vigga.

Stasjon	Middelflom l/s·km²	Stasjon	Middelflom l/s·km²
12.72 Jaren	95	2.279 Kråkfoss	155
12.72 Jaren tilløp	112	2.280 Kringlerdal	155
12.297 Hvalskvern	134	2.287 Rotua	173
12.193 Fiskum	192	2.616 Sagstua	120
12.178 Eggedal	234	2.323 Fura	333
6.10 Gryta	183	2.634 Lena	162

For å verifisere Jarenvatnets flomdempende virkning er det og foretatt routing av to tilløpsflommer gjennom vannet. Det er benyttet tilløpsflommer med døgnmidler på omkring 18 m³/s og 45 m³/s. I routingen er det benyttet en tidsoppløsning på 1 time og kulminasjonsverdi er satt 50 % høyere enn døgnmidlet. Avløpet er beskrevet i henhold til vannføringskurve som gitt for Jarenvatnet frem til 1952 (mens målestasjonen lå i vannet). Det ga maksimale avløpsflommer i løpet av 24 timer på henholdsvis 8 og 31 m³/s, eller en flomdempning på ca. 30 – 50 %. Flom over flere døgn ville kunne gitt andre resultater. Men routingen underbygger Jarenvatnets flomdempende effekt, som medfører at midlere flom ved målestasjonen 12.72 Jaren blir relativt lav.

Jarenvatnet virker både flomdempende og flomforsinkende, noe som betyr at tilløpet fra bekkene nedstrøms Jarenvatnet vanligvis kulminerer tidligere enn avløpet fra Jarenvatnet. Den forsinkende virkningen er det imidlertid ikke tatt hensyn til i de videre beregningene. Det er altså antatt samtidig kulminasjon fra Jarenvatnet og i bekkene nedstrøms innsjøen. Også i disse bekkene antas midlere flom å være 165 l/s km². Det gir følgende middelflommer i løpet av et døgn:

- Vigga ved Gran/ utløp i Jarenvatnet (83 km²); 165 l/s km², 13,7 m³/s
- Vigga ved Brandbu (158 km²); 115 l/s km², 18,2 m³/s
- Vigga ved utløp i Randsfjorden (181 km²); 122 l/s km², 22,0 m³/s

Verdiene ovenfor er døgnmidler. Forholdstallet mellom kulminasjon- og døgnmiddelvannføring kan anslås ved bruk av empiriske formler basert på feltparametrene effektiv sjøprosent og nedbørfeltets areal. For Vigga ved målestasjonen 12.72 Jaren, som har et nedbørfelt på 112 km² og en effektiv sjøprosent på 1,07 %, gir formlene et forholdstall på 1,42 for høstflommer og 1,24 for vårflommer. For Vigga ved Gran, hvor effektiv sjøprosent er 0,37 %, gir formlene forholdstall på 1,57 for høstflommer og 1,32 for vårflommer.

For Vigga oppstrøms Jarenvatnet antas et forholdstall på 1,5 å være representativt, mens nedstrøms Jarenvatnet benyttes et forholdstall på 1,4. Det gir følgende kulminasjonsvannføringer ved midlere flom:

- Vigga ved Gran/ utløp i Jarenvatnet (83 km²); ca. 250 l/s km², 21 m³/s
- Vigga ved Brandbu (158 km²); ca. 160 l/s km², 25 m³/s
- Vigga ved utløp i Randsfjorden (181 km²); ca. 170 l/s km², 31 m³/s

200-års flom

Det er utført frekvensanalyse av 60 år med flomdata fra stasjonen 12.72 Jaren. Det er fordelings-funksjonen "Extreme Value – en-parameter" som er benyttet ved beregning av forholdstall mellom midlere flom og flom med ulike gjentaksintervall. Dette gir et forholdstall på 2,7 mellom 200-års flom og middelflom. For andre fordelingsfunksjoner varierer dette forholdstallet fra ca. 2,4 til 2,8.

Frekvensfaktorer for 12.72 Jaren.

q5/qm	q10/qm	q20/qm	q50/qm	q100/qm	q200/qm	q500/qm
1,33	1,6	1,9	2,2	2,4	2,7	3,0

Slike forholdstall er også beregnet for flere andre stasjoner i "nærheten". For disse varierer forholdstallet mellom 200-års flom og middelflom fra ca. 2 til 3. Det antas derfor at resultatene for Jaren er rimelige, og at de er representative for Vigga både opp- og nedstrøms for Jarenvatnet.

Forholdstall mellom 200-års flom og middelflom for stasjoner i "nærheten" av Vigga.

Stasjon	q200/qm	q200 l/s·km²	Stasjon	q200/qm	q200 l/s·km²
12.72 Jaren	2,7	260	2.279 Kråkfoss	3,0	470
6.10 Gryta	2,6	480	2.280 Kringlerdal	2,0	310
12.193 Fiskum	2,2	430	2.287 Rotua	2,8	480
12.178 Eggedal	2,5	595	2.634 Lena	3,0	490

Det gir følgende 200-års flommer i løpet av et døgn:

- Vigga ved Gran/ utløp i Jarenvatnet (83 km²); 446 l/s km², 37 m³/s
- Vigga ved Brandbu (158 km²); 311 l/s km², 49 m³/s
- Vigga ved utløp i Randsfjorden (181 km²); 329 l/s km², 59 m³/s

og kulminasjonsvannføringene blir:

- Vigga ved Gran/ utløp i Jarenvatnet (83 km²); ca. 670 l/s km², 56 m³/s
- Vigga ved Brandbu (158 km²); ca. 430 l/s km², 69 m³/s
- Vigga ved utløp i Randsfjorden (181 km²); ca. 460 l/s km², 83 m³/s

Flommen høsten 2000

Under flommen høsten 2000 var ikke målestasjonen 12.297 Hvalskvern i Vigga i drift. Data for perioden er imidlertid komplettert ved hjelp av observasjoner fra andre vassdrag. Ifølge dette skal vannføringen ved Hvalskvern ha nådd sitt maksimum den 12. oktober, med et døgnmiddel på nesten 24 m³/s eller 372 l/s km². I henhold til vedlagte beregninger tilsvarer dette godt og vel en 50-års flom. Ved beregning av gjentaksintervall er det antatt en middelflom for Hvalskvern på 165 l/s km² og ikke 134 l/s km² som gitt i tabellen side 2. Hvis 134 l/s km² benyttes som middelflom øker gjentaks-intervallet til over 200 år!

I henhold til Leif Gunnar Ruud (NVE, HH), som var ved stasjonen og foretok vannføringsmåling den aktuelle dagen i oktober, er det usannsynlig at døgnmidlet kan ha vært så stort som 24 m³/s. Han antar at da de målte vannføringen til 17,4 m³/s, var dette nær kulminasjon.

Vannføringen og gjentaksintervallet er høyt også sammenlignet med observasjoner i andre vassdrag høsten 2000. Her varierer beregnet gjentaksintervall fra omkring 5 til 50 år.

Observerte flommer høsten 2000.

Stasjon	Dato kulminasjon	Døgnmiddel m^3/s	Døgnmiddel $l/s \cdot km^2$	Gjentaksintervall år
6.10 Gryta	10. oktober	2.8	370	20-50
2.279 Kråkfoss	11. oktober	111	265	Ca.20
2.280 Kringlerdal	10. oktober	65	249	Ca.20
2.287 Rotua	11. oktober	14	252	5-10
2.323 Fura	20. november	17	355	Ca.5
2.634 Lena	8. november	63	350	20-50
12.193 Fiskum	8. november	18	352	Ca.50
12.178 Eggedal	12. oktober	133	438	20-50

Ved Gryta, Lena, Fiskum og Eggedal er flommen den største som er registrert. For Lena er imidlertid frekvensanalysen svært usikker fordi serien er kort. Beregnet gjentaksintervall for flommen 2000 er ved disse stasjonene omkring 20-50 år.

Både ved Kråkfoss og Kringlerdal, som ligger i Leira, og som er to av de nærmeste nabostasjonene til Hvalskvern, var flommen høsten 2000 den nest største som er registrert i løpet av drøyt 30 år. Ved begge stasjoner var imidlertid høstflommen i 1987 større. Ved Kringlerdal var vannføringen da 75 m^3/s, mens den ved Kråkfoss var 172 m^3/s. For disse er beregnet gjentaksintervall for høstflommen 2000 ca. 20 år.

Ved Rotua, som også ligger i Leira, har det imidlertid vært registrert større flommer i 4 tidligere år. Vårflommen i 1967 er der den største med drøyt 20 m^3/s. Også ved Fura har det flere ganger vært større flom enn den en hadde i 2000. Ved disse stasjonene er høstflommen i 2000 omkring en 5-års flom.

For Hurdalsvatn er det imidlertid beregnet et gjentaksintervall for flomvannstanden høsten 2000 på omkring 200 år. Men kulminasjonsnivået her var styrt av tilsigsvolumet over 2 måneder og ikke intensiteten i enkeltflommer.

Flomforholdene i Vigga høsten 2000 er også forsøkt beregnet ved hjelp av en routingmodell. Følgende er forutsatt:

- Tilløp Jarenvatnet er beregnet ved arealskalering av observert vannføring ved Rotua
- Avløp fra Jarenvatnet er beregnet med vannføringskurve som gitt frem til 1952. Det betyr at det er forutsatt at verken dammen i utløpet av vannet eller andre inngrep i elveleiet de siste 50 år har påvirket flomavledningen vesentlig.

- Tilløp til Vigga fra sidebekker nedstrøms Jarenvatnet er beregnet ved arealskalering av observert vannføring ved Rotua. Her er det tatt hensyn til tidsforsinkelsen i Jarenvatnet i forhold til sidebekkene nedstrøms.

Observert vannføring ved Rotua har høsten 2000 et maksimalt døgnmiddel på 252 l/s km², mens høyeste timesverdi er 418 l/s km². Det gir et forholdstall på nesten 1,7 mellom kulminasjon og døgnmiddel. Forholdstall for enkeltflommer varierer en god del, men dette er likevel av samme størrelsesorden som de beregnede forholdstallene for Vigga (1,4 – 1,5, se side 3).

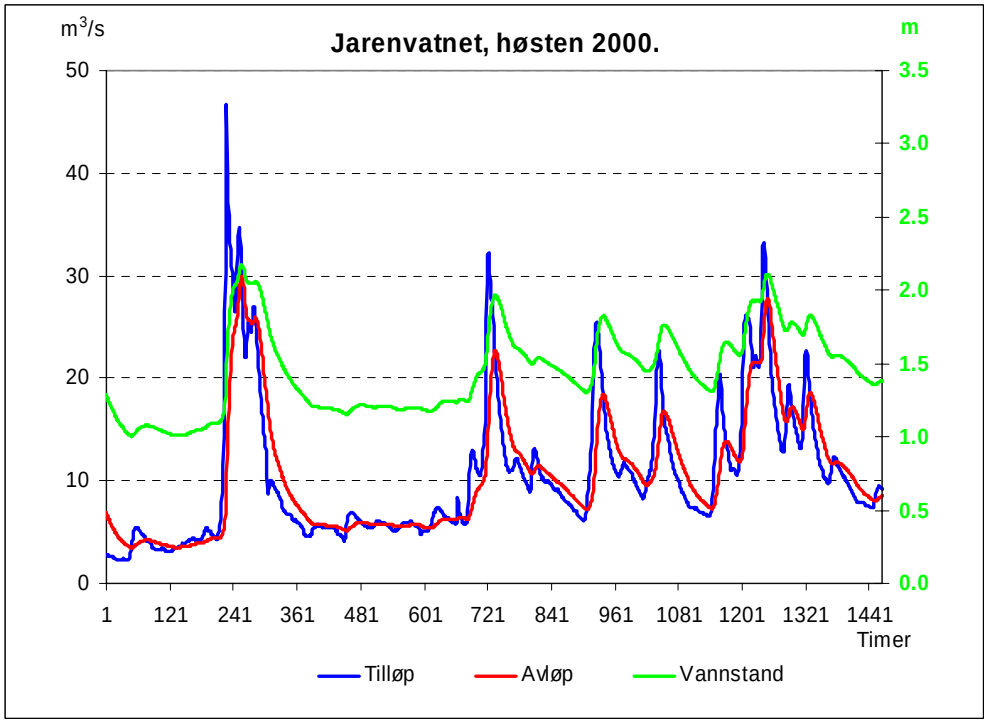
I routingmodellen er det benyttet nesten 1500 timesverdier fra Rotua (1 oktober til 30 november). Resultatene av beregningene er gitt i tabellen nedenfor og vist i figurene neste side.

Beregnede kulminasjonsvannføringer og gjentaksintervall i Vigga under høstflommen 2000.

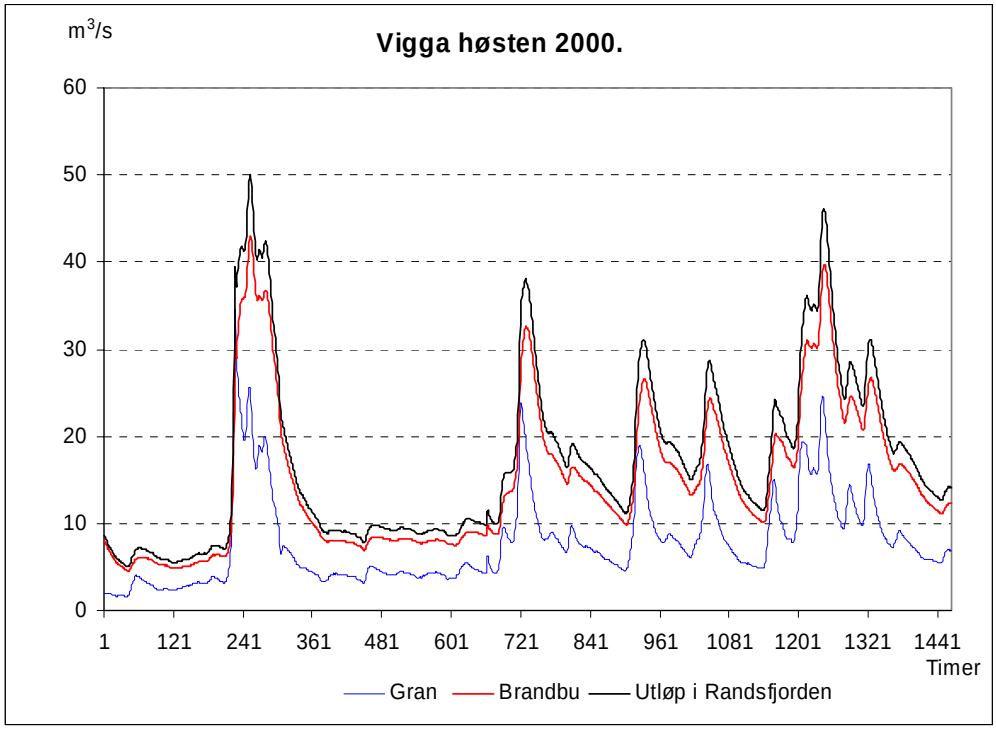
	Kulminasjonsverdi	Gjentaksintervall
Vigga ved Gran	35 m³/s, ca. 420 l/s km²	10- 20 år
Sum tilløp Jarenvatnet	47 m³/s, ca. 420 l/s km²	10 – 20 år
Vannstandstigning Jarenvatnet	ca. 1,2 m	-
Avløp Jarenvatnet	30 m³/s, ca. 250 l/s km²	20 – 50 år
Vigga ved Brandbu	43 m³/s, ca. 270 l/s km²	10 – 20 år
Vigga ved utløp i Randsfjorden	50 m³/s, ca. 280 l/s km²	10 – 20 år

Hvilket gjentaksintervall flommen høsten 2000 hadde i Vigga er usikkert. Men både denne analysen og observasjoner fra nærliggende målestasjoner antyder et gjentaksintervall på omkring 20 år som sannsynlig.

Resultatene av routingen av denne spesielle flommen er imidlertid svært usikre. For det første vet vi ikke om flommen hadde samme forløp og intensitet her som ved målestasjonen Rotua. Dernest er det forutsatt at dammen i utløpet av Jarenvatnet ikke påvirker flomforholdene. Hvis en benytter en alternativ avløpskurve for Jarenvatnet, som for eksempel et fast overløp med lengde 2 m og frispeilstrømning nedstrøms, vil vannstanden bli omkring 1 m høyere enn i beregningen over. Samtidig vil vannføringen ut av Jarenvatnet reduseres med omkring 8 m³/s. I parentes bemerkes og at gitt denne forutsetningen, ville tidspunktet for maksimal vannføring i Vigga nedstrøms Jarenvatn forskyves fra 11. oktober (tidsskritt 250 i figur neste side) til 21. november (ca. tidsskritt 1250).



Beregnet tilløp, avløp og vannstandsendringer i Jarenvatnet i oktober og november 2000. Beregningene er svært usikre, se tekst.



Beregnet vannføring i Vigga ved Gran og Brandbu i oktober og november 2000. Beregningene er svært usikre, se tekst.

Antas observasjonene fra Rotua også å være representative for Hvalskvern, gir de en maksimal vannføring i løpet av ett døgn ved Hvalskvern under høstflommen 2000 på 16 m^3/s, mens kulmina-sjonsvannføringen blir nærmere 27 m^3/s. Sammenlignet med vannføringsmålingen i Vigga (17,4 m^3/s) synes kulminasjonsverdien høy. Dette understreker igjen at analysene over er beheftet med usikkerhet.

Usikkerhet

Det er betydelig usikkerhet knyttet til de beregnede flomverdiene. Dels skyldes dette usikkerhet i selve datagrunnlaget som ved omregning fra observert vannstand til vannføring. I særlig grad gjelder dette målestasjonen Hvalskvern. Det er tatt hensyn til dette ved at midlere flom i Vigga oppstrøms Jaren-vatnet er bestemt ut fra observasjoner i nabovassdrag og ikke fra Hvalskvern. Alternativt kan midlere flom beregnes med regionale flomformler, disse bør imidlertid benyttes med forsiktighet for felt mindre enn 100 km^2. Et forsøk med bruk av formler ga usannsynlig lave verdier (< 100 $l/s\ km^2$).

Nye vannføringsmålinger ved Hvalskvern under flom, kan gi et bedre grunnlag for å beregne midlere flom i Vigga. Det er imidlertid et spørsmål om ikke stasjonsplasseringen i seg selv gjør det vanskelig å få pålitelige data under flom ved denne stasjonen.

I tillegg kommer usikkerhet knyttet til blant annet frekvensanalyser og omregning fra døgnmidler til kulminasjonsvannføringer.

Eventuell ny informasjon, vil bli tatt med i vurderingene i forbindelse med flomberegninger som senere skal utføres i arbeidet med flomsonekart for Vigga. Det kan føre til endringer i verdiene gitt i dette notatet.

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Dokumentserien i 2004

Nr. 1 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Ranelva. Flomsonekartprosjektet (17 s.)

Nr. 2 Inger Sætrang: Statistikk over tariffer i reginal- og distribusjonsnettet 2003 (52 s.)

Nr. 3 Frode Trengereid: Leveringskvalitet i kraftsystemet. Forslag til forskrift (80 s)

Nr. 4 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Vefsna og Skjerva. Flomsonekartprosjektet (22 s.)

Nr. 5 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Måna ved Rjukan (016.HZ). Flomsonekartprosjektet (38 s.)

Nr. 6 Roar Kristensen (red): Forskriftene om systemansvar og rasjonering. Hørngsdokument (15s.)

Nr. 7 Inger Sætrang: Oversikt over vedtak og utvalgte saker. Tariffer og vilkår for overføring av kraft 2003 (20 s.)

Nr. 8 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Rauma. Flomsonekartprosjektet (19 s.)

Nr. 9 Erik Holmqvist: Flomberegning for Beiarelva (161.Z). Flomsonekartprosjektet (21 s.)

Nr.10 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Surna (112.Z). Flomsonekartprosjektet. (30 s.)

Nr. 11 Erik Holmqvist: Flomberegning for Vigga. Flomsonekartprosjektet (26 s.)